

ANALISA SISTEM PENGENDALIAN TEMPERATUR BERBASIS ARDUINO UNO PADA PROTOTIPE TABUNG REAKTOR

Rachmad Wahyu Priambudi

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: rachmadpriambudi16050524022@mhs.unesa.ac.id

Wahyu Dwi Kurniawan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: wahyukurniawan@unesa.ac.id

Abstrak

Reaktor adalah alat yang sering digunakan untuk proses destilasi. Penggunaan sensor suhu pada tabung reaktor mampu mempercepat proses destilasi dari fermentasi brem menjadi bioethanol. Seringnya penggunaan sensor suhu termokopel tipe- k dengan thermocontrol relay sehingga dilakukan penelitian analisa pengendalian temperature menggunakan sensor RTD PT 100, DS18B20 dan Termokopel type k untuk mengetahui ketiga sensor tersebut memiliki perbandingan tingkat akurasi yang signifikan dalam penelitian yang dilakukan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat di gunakan untuk mempercepat proses destilasi pada fermentasi brem menjadi bioethanol dan media trainer prototipe pengendalian temperatur. Metode pendekatan yang dilakukan adalah penelitian analisis eksperimen studi kasus satu tembakan (*experimental research One – Shoot Case Study*) analisis eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh akurasi pada proses pembacaan temperatur tabung reaktor. Sehingga dapat di bandingkan untuk pemilihan dari sensor suhu DS18b20, sensor suhu termokopel tipe-K dan sensor suhu RTD yang memiliki hasil terbaik. Pengambilan data suhu didapat dari hasil yang ditampilkan thermometer digital dan sensor kemudian disajikan kedalam tabel perbandingan akurasi sensor RTD, termokopel type-k dan DS18b20. Data sensor dalam tabel dihitung dengan rumus akurasi unntuk mengetahui nilainya. Analisa pada penelitian ini dilakukan dengan melihat dan membandingkan nilai dari akurasi ketiga sensor dengan thermometer digital. Hasil Penelitian ini didapatkan Sensor DS18b20 memiliki akurasi tertinggi dengan persentase akurasi sebesar 99,77%. Selanjutnya di dapat Sensor Termokopel type K RTD memiliki akurasi dengan persentase akurasi sebesar 98,87% dan sensor RTD memiliki akurasi terendah dengan persentase akurasi sebesar 98,80%.

Kata Kunci: Akurasi, Arduino Uno, Sensor RTD, Snesor termokopel type k, Sensor DS18b20

Abstract

Reactors are tools often used for the distillation process. The use of temperature sensors in reactor tubes is able to accelerate the distillation process from fermentation of brem to bioethanol. The frequent use of thermocouple temperature sensor type- k with thermocontrol relay so that the research of temperature control analysis using RTD sensor PT 100, DS18B20 and Thermocouple type k to know the three sensors have a significant level of accuracy comparison in the research conducted. The results of this research are expected to be used to accelerate the distillation process in fermentation brem into bioethanol and media trainer prototype temperature control. The method of approach is experimental research one (Shoot Case Study) experimental research analysis that aims to determine the effect of accuracy on the process of reading the temperature of the reactor tube. So it can be compared for the selection of the DS18b20 temperature sensor, K-type thermocouple temperature sensor and RTD temperature sensor that has the best results. The retrieval of temperature data obtained from the results displayed by the digital thermometer and sensor is then presented into a comparison table of rtd sensor accuracy, thermocouple type-k and DS18b20. Sensor data in the table is calculated by the accuracy formula to know the value. The analysis of this study was conducted by looking at and comparing the value of the accuracy of the three sensors with a digital thermometer. The results of this study obtained DS18b20 Sensor has the highest accuracy with an accuracy percentage of 99.77%. Furthermore, the Thermocouple Sensor type K RTD has accuracy with an accuracy percentage of 98.87% and the RTD sensor has the lowest accuracy with an accuracy percentage of 98.80%.

Keywords: Acuration, Arduino Uno , Sensor RTD, Sensor Termokope Type K, Sensor DS18b20

PENDAHULUAN

Reaktor adalah suatu alat yang berperan sebagai tempat terjadinya suatu reaksi, baik itu reaksi kimia atau reaksi nuklir dan bukan terjadi secara fisika. Reaktor sering digunakan untuk proses destilasi. Dalam proses destilasi meliputi penguapan cairan tersebut dengan cara dipanaskan, dilanjutkan dengan kondensasi uapnya menjadi cairan dan biasa disebut destilat.

Beberapa penelitian di Universitas Negeri Surabaya khususnya dari jurusan Teknik Mesin kerap melakukan proses destilasi menggunakan tabung reaktor sebagai metode pembuatan bahan bakar alternatif. Bahan bakar alternatif yang sering dihasilkan dari penelitian tersebut yakni *bioethanol* dari kadar gula dalam kandungan tumbuh-tumbuhan. Dalam menentukan kualitas *bioethanol* yang bagus ditentukan dari persentase kandungan alkohol dalam larutan tersebut, semakin besar kadar persentase alkohol semakin bagus pula kualitas *bioethanol*. Beberapa faktor yang mempengaruhi persentase alkohol di dalam proses pembuatan larutan *bioethanol* adalah dari instrument, salah satunya proses pengendalian suhu yang tepat.

Penggunaan sensor suhu pada tabung reaktor yang akurat mampu membantu memperoleh ketepatan pengaturan suhu yang lebih baik sehingga mempercepat proses destilasi, dan juga dengan proses otomatis sehingga mampu menekan (*human error*), sehingga dibutuhkan sebuah instrumentasi berbasis komputer dengan sistem informasi bisa memberikan suatu informasi yang akurat dan tepat waktu untuk bisa memberikan beberapa insruksi yang akan di eksekusi dibutuhkan sehingga dapat meningkatkan produksi dengan efektif dan efisien.

Reaktor plasma dibuat berbentuk tabung bercabang dengan menggunakan bahan yang tahan panas seperti teflon, kaca quartz, dan keramik sehingga dapat mengurangi resiko kerusakan alat. Sistem safety yang dibuat terdiri dari Termokopel tipe K, IC AD595, Board DAQ CYDAS 1000P, dan Software Labview 7.1. Pengujian pada sistem menunjukkan bahwa sistem dapat berjalan dengan baik yakni dengan adanya plasma yang terbentuk, pembacaan suhu permukaan tabung dapat diproses dengan baik pada program dan perintah mematikan generator dapat berjalan secara otomatis (Tifasari, 2020).

Penelitian mengenai pengendalian suhu menggunakan sensor suhu DHT22 (Zaida, 2017). hasil penelitian ini adalah merancang alat pengendali suhu dan RH secara otomatis, merancang sistem monitoring melalui website, dan dapat menurunkan suhu dan meningkatkan RH. Penelitian ini menggunakan metode rekayasa. Hasil penelitian membuktikan bahwa alat pengendali suhu dan RH dapat menyalakan pompa fog cooling system secara otomatis.

Penggunaan sensor suhu DS18B20 pada sistem pengendalian suhu ruang pengering efek rumah kaca tipe rak berputar yang telah dibuat dapat bekerja dengan baik. Hasil dari proses kalibrasi sensor didapatkan nilai MAPE dibawah 10%. Pengujian sistem kendali suhu tanpa bahan pada setpoint 450C diperoleh rata-rata suhu pada ruang pengering sebesar 46,240C, sedangkan pengujian sistem

kendali suhu dengan bahan pada setpoint 450C diperoleh rata-rata suhu pada ruang pengering sebesar 46,990C (Setiawati, 2020).

Penelitian “Rancang Bangun Prototipe Sistem Kontrol Temperatur Menggunakan Sensor DS18B20 Pada Inkubator Bayi” (Darmawan, 2013). Dari penelitian ini dapat dihasilkan prototipe sistem kendali suhu dengan bantuan mikrokontroler ATMEGA328 dan sensor suhu D18B20. Suhu dapat dijaga dengan baik pada suhu 36,50C dengan tingkat kesetabilan 0,10C. Prototipe alat pengatur temperatur dan kelembaban dengan menggunakan mikrokontroler ATmega16, yang mampu meningkatkan kecepatan respon sistem pengendali temperatur pada budidaya jamur yang dilakukan secara otomatis, mudah dalam pengoperasian pengendali, memiliki kemampu rawatan yang mudah, dan memperbaiki realibilitas sistem terdahulu yang mana masih dilakukan secara manual (Gunawan, 2013).

Berdasarkan penelitian sebelumnya serta pembuatan sensor suhu berbasis mikrokontroler yang belum tersedia di kampus UNESA, maka peneliti tertarik untuk melakukan analisis terhadap keakuratan dari ke tiga sensor tersebut agar dapat memberikan informasi perubahan temperatur destilasi yang terdapat pada labu destilasi dengan menggunakan sensor suhu DS18b20, sensor suhu RTD dan sensor suhu Termokopel Tipe-K dan media air untuk media variasi terhadap gangguan yang digunakan untuk menurunkan maupun menaikkan temperatur akan lebih mudah dilakukan. Sehingga hasil dari penelitian ini diharapkan dapat diimplementasikan pada lab bahan bakar Universitas Negeri Surabaya maupun besar terutama industri farmasi.

Rumusan Masalah

Berlandaskan uraian-uraian pada latar belakang serta uraian-uraian sebelumnya, maka dapat diambil sebuah rumusan pokok, yaitu Bagaimana perbandingan tingkat akurasi antara sensor suhu DS18b20, sensor suhu termokopel tipe-K dan sensor suhu RTD PT100 pada proses destilasi berbasis Arduino UNO untuk prototipe tabung reaktor di laboratorium bahan bakar UNESA?

Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas serta uraian-uraian sebelumnya, maka tujuan dalam penelitian ini adalah Melakukan analisa hasil data perbandingan tingkat akurasi antara sensor suhu DS18b20, sensor suhu termokopel tipe-K dan sensor suhu RTD pada proses destilasi berbasis Arduino uno untuk prototipe tabung reaktor.

METODE

Metode penelitian yang dilakukan adalah analisis eksperimen studi kasus satu tembakan (*experimental research One – Shoot Case Study*) yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh akurasi range efektif pada proses pembacaan temperatur tabung reaktor terhadap tingkat keakurasian sensor. Sehingga dapat dilakukan perbandingan tingkat keakurasian sensor suhu DS18b20, sensor suhu termokopel tipe-K dan sensor suhu RTD.

Tempat Penelitian dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium instrumentasi dan laboratorium bahan bakar Universitas Negeri Surabaya pada tanggal, 1 Mei – juni 2021

Variabel Penelitian

Variable penelitian ini menggunakan beberapa komponen dan alat instrumeneasi sebagai berikut :

- **Variabel Bebas**
variabel bebas yang digunakan penelitian ini adalah Suhu sensor DS18B20, termokopel tipe-k dan RTD terhadap thermometer digital.
- **Variabel Terikat**
Suhu pada sensor thermometer digital.
- **Variabel Kontrol**
penelitian ini menggunakan variabel control berupa larutan bioethanol.

Rancangan Penelitian

Tahapan penelitian di sesuaikan seperti *flowchart* rancangan penelitian dibawah ini:



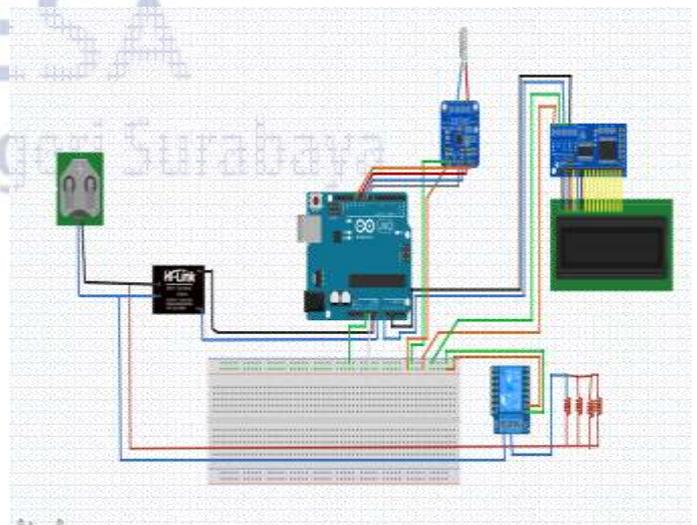
Gambar 1. *Flowchart* rancangan penelitian



Gambar 2. Diagram alur perancangan prototipe pengatur suhu

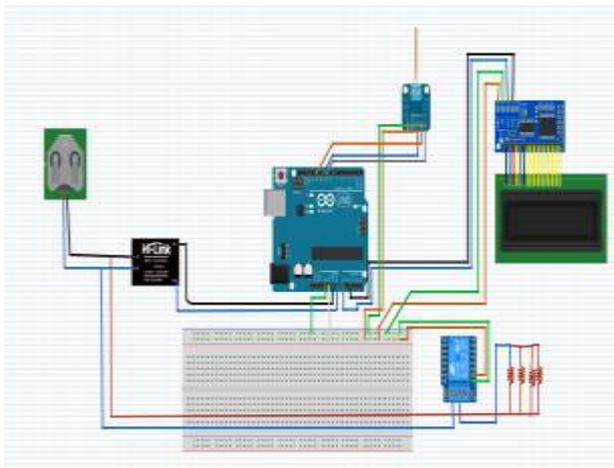
Perancangan Alat

Pada penelitian ini perancangan alat menggunakan software *fritzing* versi *beta* sebagai langkah awal untuk membuat rangkaian sistem sensor suhu yang digunakan. Untuk membuat *design* rangkaian, beberapa *library* harus di masukan ke dalam *fritzing* seperti modul MAX31865, MAX6675, kemudian sensor DS18B20 dengan mendownloadnya di website adafruit. Untuk tampilan awaln software *fritzing* sebagai berikut:



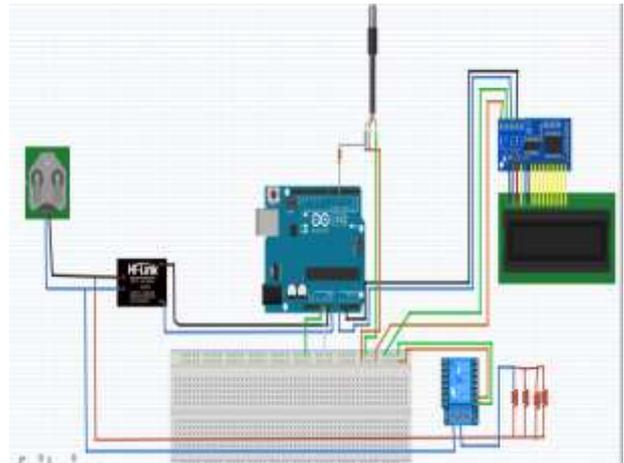
Gambar 3. Rangkaian Sistem Pengendali Temperatur RTD PT 100

Gambar di atas adalah rangkaian yang sudah dilakukan simulasi dan berfungsi dengan baik dengan layar lcd dapat menampilkan suhu dengan baik serta sensor RTD PT100 dapat melakukan pembacaan suhu. Arduino diberi tegangan 5 vdc dari *converter* agar dalam posisi *stand by/on* kemudian modul MAX31865 dengan pin CS, SDI, SDO, CLK masing-masing terhubung ke pin 10, 11, 12, 13 di board Arduino dan pin Vin ke 5 v kemudian GND ke pin (-) *converter*. Socket sensor RTD PT100 merah disambungkan ke pin F+ di modul MAX31865 dan biru pada F-. untuk tampilan LCD I2C pin CLK DAN DAT pada masing-masing dihubungkan pada pin A0 dan A1. Terakhir yakni relay kemudian di sambungkan ke pin Arduino untuk mengatur nyala/mati kompor listrik.



Gambar 4. Rangkaian Sistem Pengendali Temperatur Termokopel Type k

Pada gambar di atas adalah rangkaian yang sudah dilakukan simulasi dan berfungsi dengan baik dengan layar lcd dapat menampilkan suhu dengan baik serta sensor termokopel type-k dapat melakukan pembacaan suhu. Arduino diberi tegangan 5 vdc dari *converter* agar dalam posisi *stand by/on* kemudian modul MAX6675 dengan pin CS, DO, CLK masing-masing terhubung ke pin 9, 10, 11 di board Arduino dan pin Vin ke 5 v kemudian GND ke pin (-) *converter*. Socket sensor termokopel merah disambungkan ke pin + di modul MAX31865 dan biru pada (-). untuk tampilan LCD I2C pin CLK DAN DAT pada masing-masing dihubungkan pada pin A0 dan A1. Terakhir yakni relay kemudian di sambungkan ke pin Arduino untuk mengatur nyala/mati kompor listrik.



Gambar 5. Rangkaian Sistem Pengendali Temperatur DS18b20

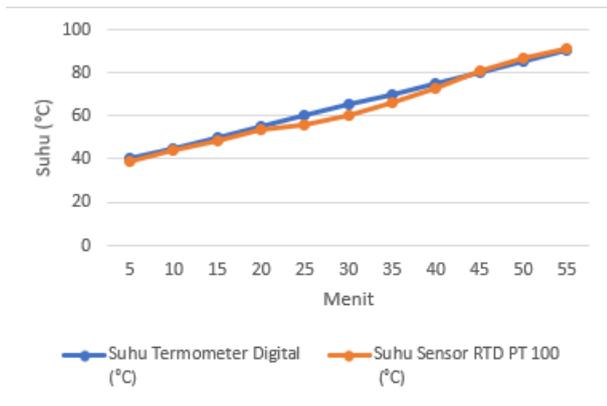
Pada gambar di atas adalah rangkaian yang sudah dilakukan simulasi dan berfungsi dengan baik dengan layar lcd dapat menampilkan suhu dengan baik serta sensor DS18b20 dapat melakukan pembacaan suhu. Arduino diberi tegangan 5 vdc dari *converter* agar dalam posisi *stand by/on* kemudian kabel sensor warna kuning di sambung dengan resistor 4.7K di board Arduino pin 4 dan di parallel dengan GND dan kabel merah ke 5 v kemudian kabel hitam ke pin (-) *converter*. untuk tampilan LCD I2C pin CLK DAN DAT pada masing-masing dihubungkan pada pin A0 dan A1. Terakhir yakni relay kemudian di sambungkan ke pin Arduino untuk mengatur nyala/mati kompor listrik.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian sensor RTD PT 100, Termokopel type k dan sensor DS18b20 terhadap termometer digital. Pengukuran suhu di dalam tabung reaktor di dapat nilai tingkat akurasi sebagai berikut:

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Suhu dengan RTD PT100

Menit	Suhu Termometer Digital (°C)	Suhu Sensor RTD PT 100 (°C)	Perhitungan Akurasi %
5	40	39,01	97,46
10	45	44,07	97,88
15	50	48,71	97,35
20	55	53,78	97,73
25	60	56,06	92,97
30	65	60,23	92,08
35	70	66,32	94,45
40	75	72,36	96,35
45	80	80,97	98,80
50	85	86,34	98,44
55	90	91,21	98,67
Rata-rata akurasi relatif			96,56

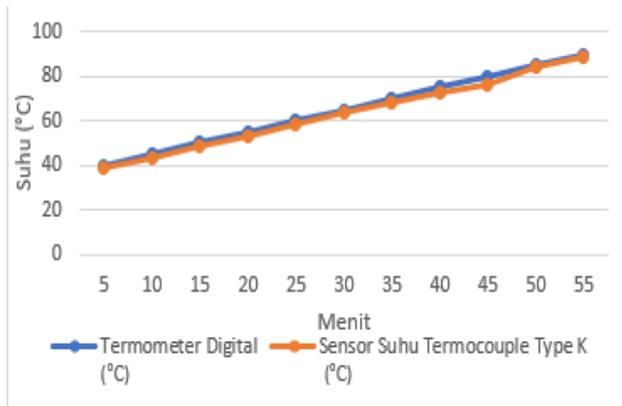


Gambar 6. Perbandingan Pengukuran Sensor RTD PT100 dengan Termometer Digital

Dari grafik dan tabel di atas dapat dilihat pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa sensor RTD PT 100 mampu bekerja dengan baik dalam rentang suhu 39,01°C – 53,78°C dan 66,36°C – 91,21°C, hal tersebut dikarenakan dari hasil eror tertinggi dari pengukuran suhu dari sensor RTD PT 100 yang menunjukkan nilai 92,97% pada suhu 56,06°C dan 92,08% pada suhu 60,23°C. Eror terendah didapat pada suhu 80,97°C dengan akurasi sebesar 98,80% pada saat suhu air diatas rentang suhu tersebut. Hal ini terlihat jelas saat suhu mencapai suhu 56,06°C sensor RTD PT100 mendapatkan eror pengukuran hingga 3,94°C, dan saat suhu meningkat hingga 60,23°C pengukuran sensor RTD PT100 mendapatkan nilai eror hingga 4,77°C. Umumnya sensor RTD PT100 sering digunakan pada keadaan temperature tinggi dimana data yang diperoleh dalam rentang suhu 80,97°C-91,21°C mendapatkan nilai suhu yang lebih tinggi dari thermometer digital Pada perhitungan akurasi sensor RTD PT100 didapatkan bahwa sistem mempunyai akurasi rata-rata sebesar 96,56% .

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Suhu dengan Termokopel Type k

Menit	Termometer Digital (°C)	Sensor Suhu Termocouple Type K (°C)	Perhitungan Akurasi %
5	40	39,25	98,08
10	45	43,50	96,55
15	50	48,25	96,37
20	55	53,50	97,19
25	60	58,75	97,87
30	65	63,50	97,63
35	70	68,50	97,81
40	75	72,50	96,55
45	80	76,25	95,08
50	85	84,00	98,80
55	90	89,00	98,87
Rata-rata akurasi relatif			97,35

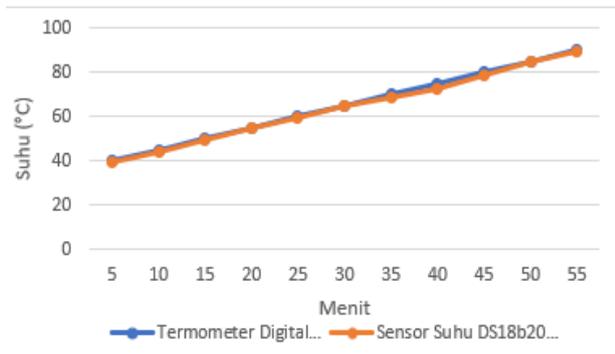


Gambar 7. Perbandingan Pengukuran Sensor Termokopel Type k dengan Termometer Digital

Dari grafik di atas dapat dilihat pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa sensor Termokopel type K mampu bekerja dengan baik dalam rentang suhu 39,25°C – 89°C. hasil eror tertinggi dari pengukuran suhu dari sensor Termokopel type K yang menunjukkan nilai 95,08% pada suhu 76,25°C dan Eror terendah didapat pada suhu 89,00°C dengan akurasi sebesar 98,87% pada saat suhu air diatas rentang suhu tersebut. Hal ini terlihat jelas saat suhu mencapai suhu 76,25°C sensor Termokopel type K mendapatkan eror pengukuran hingga 3,75°C. dalam proses pngujian sensor, Termokopel type k dan max6675 dapat menampilkan data suhu dengan kelipatan 0,25 °C setiap kenaikan suhu 1°C didapatkan bahwa sistem mempunyai akurasi rata-rata sebesar 97,35%.

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Suhu dengan DS18b20

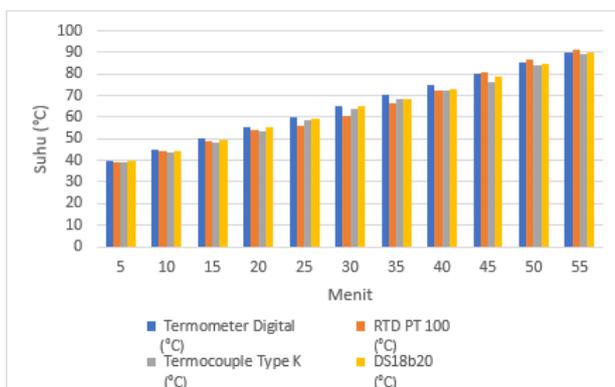
Menit	Termometer Digital (°C)	Sensor Suhu DS18b20 (°C)	Galat Relatif %
5	40	39,91	99,77
10	45	44,50	98,87
15	50	49,50	98,98
20	55	55,31	99,43
25	60	59,38	98,95
30	65	64,80	99,69
35	70	68,50	97,81
40	75	73,00	97,26
45	80	78,44	98,01
50	85	84,69	99,63
55	90	89,69	99,65
Rata-rata akurasi relatif			98,91



Gambar 8. Perbandingan Pengukuran Sensor DS18b20 dengan Termometer Digital

Dari grafik di atas dapat dilihat pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa sensor Termokopel type K mampu bekerja dengan baik dalam rentang suhu $39,91^{\circ}\text{C} - 89,69^{\circ}\text{C}$. hasil eror tertinggi dari pengukuran suhu dari sensor Termokopel type K yang menunjukkan nilai 97,26% pada suhu 73°C dan Error terendah didapat pada suhu $39,91^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi sebesar 99,77% pada saat suhu air diatas rentang suhu tersebut. Hal ini terlihat jelas saat suhu mencapai suhu 73°C sensor Termokopel type K mendapatkan eror pengukuran hingga 2°C . Umumnya sensor RTD PT100 sering digunakan pada keadaan temperature tinggi dimana data yang diperoleh dalam rentang suhu $80,97^{\circ}\text{C}-91,21^{\circ}\text{C}$ mendapatkan nilai suhu yang lebih tinggi dari thermometer digital Pada perhitungan akurasi sensor RTD PT100 didapatkan bahwa sistem mempunyai akurasi sebesar 98,91%.

Analisa Akurasi Sensor RTD PT100, Termokopel Type-K dan DS18b20



Gambar 9. Perbandingan Pengukuran Sensor RTD PT100, Termokopel Type-K dan DS18b20

Hasil pengukuran suhu dari 3 sensor secara grafik ditunjukkan oleh gambar di atas, pada pengujian pengukuran suhu, hasil yang didapatkan sangat baik yakni pada sensor DS18b20 kemudian Termocouple Tipe K dan yang terendah pada sensor RTD PT100, karena

pengukuran dari sensor DS18b20 dapat mengimbangi pengukuran thermometer dengan rentang pengukuran suhu yang paling mendekati. Penyebab dari sensor RTD PT100 dan termokopel type K mengalami penurunan akurasi adalah diketahui ada indikasi pada kabel yang di buat pada termokopel kemudian dilakukan pengecekan hasil memperlihatkan sambungan kabel chromel dan alumel, Ternyata kabel chromel dan lumel menempel satu sama lain.

Setelah dipisahkan sambungan kabel chromel dan alumel menunjukkan hasil pengukuran dapat terbaca pada komputer namun nilainya berbeda cukup besar dengan nilai pengukuran termodigital terhadap termokopel dan RTD PT100. Selain itu dapat diasumsikan pada bagian ujung sambungan termokopel yang konstruksinya kurang baik. Ada juga faktor faktor yang menindikasikan penyebab kurang tepat pengukuran termokopel yang telah di sebutkan. Termokopel tipe K memiliki spesifikasi range 200°C s.d 1200°C dan RTD PT100 memiliki spesifikasi range 90°C s.d 400°C akan relatif akurat pada kondisi suhu di atas 90°C . Karena kondisi yang digunakan pada kalibrasi termokopel tipe K dan RTD PT100 di *heating* menggunakan temperatur di bawah 90°C boleh jadi error dapat tinggi. Jika pengkondisian dilakukan dalam temperatur yang lebih tinggi nilai error mungkin akan menjadi lebih kecil dan akurat.

Hal ini menunjukkan bahwa sensor DS18b20 layak digunakan sebagai sensor suhu dalam sistem pengendalian suhu pada proses destilasi. Seluruh pengukuran suhu yang dilakukan, baik untuk, termokopel type-K dan DS18b20 dengan hasil berupa tingkat akurasi di atas 95% mengindikasikan dapat digunakan dengan baik. Seluruh hasil dan pengukuran suhu berkisar 1 – 7% untuk tingkat eror.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan Analisa akurasi sensor RTD PT100, Termokopel type K dan DS18b20 terhadap pengukuran thermometer digital Maka dapat disimpulkan sensor DS18b20 memiliki akurasi yang lebih baik daripada RTD PT100 maupun Termokopel type K dengan tingkat akurasi rata-rata sebesar pengukuran suhu 98,91%. Termokopel type K memiliki rentang tingkat akurasi rata-rata yaitu sebesar 97,35% pada pengukuran suhu RTD PT100 memiliki tingkat akurasi rata-rata terkecil yaitu sebesar 96,56%. Pertama hal ini disebabkan oleh kabel chrome dan alumel pada sensor RTD PT100 dan Termokopel menempel satu sama lain yang menyebabkan pembacaan suhu yang telat dan yang kedua sensor tersebut konstruksinya memang khusus digunakan untuk temperature extreme dan tidak akurat dalam pembacaan suhu di bawah 100°C Dengan ini dapat

disimpulkan menunjukkan bahwa sensor DS18B20 layak digunakan sebagai sensor suhu dalam sistem pengendalian suhu pada proses destilasi.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka diperoleh saran sebagai berikut:

- Pengalibrasian sensor sebelum pengukuran dilakukan untuk memperbesar nilai tingkat akurasi.
- Penghitungan tingkat kepresisian perangkat sensor dengan menggunakan simpangan baku (standard deviation) di samping menghitung akurasi melalui galat relatif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada Dr. Soeryanto, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin dan selaku Ketua Prodi S1 Pendidikan Teknik Mesin di Universitas Negeri Surabaya, Wahyu Dwi Kurniawan, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing, Dr. Yunus, M.Pd. selaku dosen penguji 1, Nur Aini Susanti, S.Pd., M.Pd. selaku dosen penguji 2 serta teman-teman seluruh jurusan teknik mesin UNESA dan seluruh teman-teman yang terlibat dalam pembuatan maupun penyusunan penelitian ini yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, terimakasih telah memberikan pengalaman, ilmu, dan semangat yang sangat luar biasa ini, semoga kita nanti dapat menjalani perjalanan kehidupan kedepan dengan lebih baik dan dilancarkan segala urusan yang akan kita hadapi untuk kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

Temperatur pada Plant Sederhana Electric Furnace Berbasis Sensor Thermocouple dengan Metode Kontrol PID. *Jurnal Teknik Elektro*, 2, 1–8.

Bolton, W. 2006. *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*. Jakarta: Erlangga.

Durfee, W. 2011. *Arduino Microcontroller Guide*. University of Minnesota. Minnesota.

Dwi Kurniawan, Wahyu Dan Prijo Budijono, Agung. 2017. *Panduan Praktikum Kontrol Relay*. Surabaya. Unesa.

Huda, S. N. (2011). Rancang Bangun Sistem Pengendali Temperatur Furnance Dengan Menggunakan Sensor Termokopel Tipe-K Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 16. Depok.

Lamsani, Missa. 2014. *Elektronika Lanjut*. Universitas Gunadarma. Depok.

Marto, S., Risto, G., Sunarso, A., & Pahlanop, B. (2018). Rancang Bangun Sistem Pemantau dan Kendali Suhu

Pada Model Alat Pirolisis Plastik. *Prisma Fisika*, VI(1), 49–56.

Omega. (2012). *Revised Thermocouple Reference Tables*.

Pertiwi, P. K. (2013). *Termokopel*. Surabaya.

Riky Tri Yunardi, Winarno, Pujiyanto. 2015. *Analisa Kinerja Sensor Inframerah dan Ultrasonik untuk Sistem Pengukuran Jarak pada Mobile Robot Inspection*. Article In Press ISSN : 2301-4652 Volume 6, No.1, Juni 2017, Hal 33-41

Santoso, Hari. 2015. *Panduan Praktis Arduino untuk Pemula*. ElangSakti

Schneider Electric Industries. (2014). *Product Data Sheet of TM221M16R*

Setiawan, Iwan. 2009. *Buku Ajar Sensor Dan Transducer*. Semarang. Undip.

Tjiptono, F. (2014). *Pemasaran Jasa*. CV. Andi Offset. Yogyakarta. Yogyakarta

Triwiyatno, Aris. 2011. *Konsep Umum Sistem Kontrol*. Semarang. Undip.

Wendri, N., Supardi, I. W., Suarbawa, K. N., & Yuliantini, N. M. (2012). Alat Pencatat Temperatur Otomatis Menggunakan Termokopel Berbasis Mikrokontroler AT89S51. *Buletin Fisika*, 13(1), 29–33.